

Electronic Circuit Design
Simulation
and Production

电子电路设计、仿真与制作

常用传感器 技术及应用

◆ 徐宏伟 周润景 陈 萌 编著

电子电路设计、仿真与制



常用传感器技术及应用

徐宏伟 周润景 陈 萌 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了18个典型的传感器技术设计案例,内容包括液化气泄漏检测电路、铂热电阻温度测量电路、大气压力测量电路、电流输出型温度传感器测量电路、电阻应变片压力电桥测量电路、房间湿度测量电路、霍尔转速计电路、酒精检测电路、空气质量检测设计电路、热电偶温度测量电路、位移测量电路、温差测量电路、温度测量电路、烟雾测量电路、阳光强度测量显示电路、液位测量显示电路、转速测量系统电路、振动检测电路设计。这些案例均来源于作者多年的实际科研项目,因此具有很强的实用性。通过对本书的学习和实践,读者可以很快掌握常用传感器技术的基础知识及应用方法。

本书适合电子电路设计爱好者自学使用,也可作为高等学校相关专业课程设计、毕业设计及电子设计竞赛的指导书籍。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

常用传感器技术及应用 / 徐宏伟,周润景,陈萌编著. —北京:电子工业出版社,2017.6
(电子电路设计、仿真与制作)
ISBN 978-7-121-31945-7

I. ①常… II. ①徐… ②周… ③陈… III. ①传感器 IV. ①TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第140000号

策划编辑:张 剑 (zhang@phei.com.cn)

责任编辑:康 霞

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市京南印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:365千字

版 次:2017年6月第1版

印 次:2017年6月第1次印刷

定 价:39.80元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: zhang@phei.com.cn。

前 言

目前,传感器已经应用于多个领域,其应用领域涉及机械制造、工业过程控制、汽车电子产品、通信电子产品、消费电子产品和专用设备。因此,掌握传感器的基本原理和工作特性在电路设计中起到了至关重要的作用。本书以传感器为主,单片机系统介绍为辅,以设计、分析、制作为主线,围绕传感器应用中的一些具体实例进行讲解。

书中的实例都是作者实际科研工作经验的总结,实例的选择经过了多方面考虑,涵盖了各式各样的传感器,对其应用进行了详细讲解。本书实例配有汇编语言和 C 语言的源代码,不仅编程规范,且代码具有良好的可移植性。

本书结合 EDA 开发工具 Proteus 软件及 Keil 软件进行单片机电路的软/硬件联调。在电路设计中主要运用了 Proteus 的原理图布局、PCB 自动或人工布线、SPICE 电路仿真等。在不需制作 PCB 的情况下对电路进行设计与分析,并且可以通过改变元器件参数使整个电路的性能达到最优化,通过调整传感器参数,可以在仿真中得到不同的结果。这样不仅节省了宝贵的开发时间和经费,也提高了设计效率和质量。

本书是作者多年实践经验的整理和总结,读者通过对本书的学习,可以借鉴作者的研发思路和实践经验,这种方法无疑是找到了更快、更有效的学习捷径,可以尽快取得最佳的学习效果,减少了许多不必要的摸索时间。从实践性与技术性的角度来看,本书有其独特的地方,对读者很有帮助。

本书详细介绍了 18 个项目,包括液化气泄漏检测电路、铂热电阻温度测量电路、大气压力测量电路、电流输出型温度传感器测量电路、电阻应变片压力电桥测量电路、房间湿度测量电路、霍尔转速计电路、酒精检测电路、空气质量检测设计电路、热电偶温度测量电路、位移测量电路、温差测量电路、温度测量电路、烟雾测量电路、阳光强度测量显示电路、液位测量显示电路、转速测量系统电路、振动检测电路设计。每个项目中的电路都对其传感器及电路各组成部分进行了详细说明,使读者可以清晰了解各个模块的具体功能,并实现对整体电路的仿真设计。

本书由徐宏伟、周润景、陈萌编著。其中,陈萌编写了项目 1 至项目 3,周润景编写了项目 4 至项目 12,徐宏伟编写了项目 13 至项目 18,全书由徐宏伟统稿。另外,参加本书编写的还有韩亦佺、刘艳珍、白灵、王洪艳、姜攀、托亚、贾雯、何茹、张红敏、张丽敏、周敬和宋志清。

需要说明的是,本书收录的实例仅限于器件原理学习、研究之用,不得直接用于工程实际、商业生产或其他非法用途,在应用与实践产生的一切安全事故或纠纷均不在本书作者承担责任范围内。

由于作者水平有限,书中难免存在一些错误、疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编著者

目 录

项目 1 液化气泄漏检测电路	1
设计任务	1
基本要求	1
总体思路	1
系统组成	1
模块详解	2
软件设计	8
调试与仿真	12
PCB 版图	15
实物测试	16
思考与练习	16
特别提醒	17
项目 2 铂热电阻温度测量电路	18
设计任务	18
基本要求	18
总体思路	18
系统组成	18
模块详解	19
调试与仿真	26
PCB 版图	26
实物测试	28
思考与练习	29
项目 3 大气压力测量电路	30
设计任务	30
基本要求	30
总体思路	30
系统组成	30
模块详解	31
软件设计	35
调试与仿真	39
PCB 版图	41

实物测试	41
思考与练习	42
特别提醒	42
项目 4 电流输出型温度传感器测量电路	43
设计任务	43
基本要求	43
总体思路	43
系统组成	43
模块详解	44
PCB 版图	48
实物测试	48
思考与练习	49
特别提醒	49
项目 5 电阻应变片压力电桥测量电路	50
设计任务	50
基本要求	50
总体思路	50
系统组成	50
模块详解	51
PCB 版图	54
实物照片	55
思考与练习	55
特别提醒	55
项目 6 房间湿度测量电路	56
设计任务	56
基本要求	56
总体思路	56
系统组成	56
模块详解	57
软件设计	59
PCB 版图	64
实物测试	65
思考与练习	66
项目 7 霍尔转速计电路	67
设计任务	67
基本要求	67
总体思路	67

系统组成	67
模块详解	68
程序设计	72
PCB 版图	79
实物测试	79
思考与练习	80
特别提醒	81
项目 8 酒精检测电路	82
设计任务	82
基本要求	82
总体思路	82
系统组成	82
模块详解	83
软件设计	87
调试与仿真	93
PCB 版图	95
实物测试	96
思考与练习	97
特别提醒	97
项目 9 空气质量检测设计电路	98
设计任务	98
基本要求	98
总体思路	98
系统组成	98
模块详解	99
软件设计	104
调试与仿真	106
PCB 版图	106
实物测试	109
思考与练习	109
特别提醒	110
项目 10 热电偶温度测量电路	111
设计任务	111
基本要求	111
总体思路	111
系统组成	111
模块详解	111

调试与仿真·····	114
PCB 版图·····	117
实物测试·····	118
思考与练习·····	118
特别提醒·····	119
项目 11 位移测量电路 ·····	120
设计任务·····	120
基本要求·····	120
总体思路·····	120
系统组成·····	120
模块详解·····	120
调试与仿真·····	122
PCB 版图·····	123
实物测试·····	124
思考与练习·····	124
特别提醒·····	125
项目 12 温差测量电路 ·····	126
设计任务·····	126
基本要求·····	126
总体思路·····	126
系统组成·····	126
模块详解·····	127
软件设计·····	129
调试与仿真·····	136
PCB 版图·····	137
实物测试·····	138
思考与练习·····	138
特别提醒·····	139
项目 13 温度测量电路 ·····	140
设计任务·····	140
基本要求·····	140
总体思路·····	140
系统组成·····	140
模块详解·····	141
软件设计·····	145
调试与仿真·····	148
PCB 版图·····	150

实物测试·····	150
思考与练习·····	151
项目 14 烟雾测量电路 ·····	152
设计任务·····	152
基本要求·····	152
总体思路·····	152
系统组成·····	152
模块详解·····	153
软件设计·····	157
调试与仿真·····	164
PCB 版图·····	166
实物测试·····	167
思考与练习·····	168
特别提醒·····	168
项目 15 阳光强度测量显示电路 ·····	169
设计任务·····	169
基本要求·····	169
总体思路·····	169
系统组成·····	169
模块详解·····	170
软件设计·····	175
调试与仿真·····	178
PCB 版图·····	180
实物测试·····	181
思考与练习·····	181
项目 16 液位测量显示电路 ·····	182
设计任务·····	182
基本要求·····	182
总体思路·····	182
系统组成·····	182
模块详解·····	183
软件设计·····	186
调试与仿真·····	189
PCB 版图·····	190
实物测试·····	192
思考与练习·····	192
特别提醒·····	192

项目 17 转速测量系统电路	193
设计任务	193
基本要求	193
总体思路	193
系统组成	194
模块详解	194
软件设计	200
调试与仿真	207
PCB 版图	212
实物测试	212
思考与练习	213
特别提醒	213
项目 18 振动检测电路设计	214
设计任务	214
基本要求	214
总体思路	214
系统组成	214
模块详解	214
PCB 版图	217
实物测试	217
思考与练习	218
特别提醒	218

项目1 液化气泄漏检测电路



设计任务

设计一个能够检测环境中液化气浓度，并具有显示、报警功能的电路。



基本要求

- ① LM016L 显示当前环境中液化气浓度及报警浓度。
- ② 通过按键设置合适的报警浓度。
- ③ 当检测到环境中的液化气浓度大于设置的报警浓度时，蜂鸣器报警。



总体思路

液化气检测报警电路是能够检测环境中液化气浓度，并具有报警功能的电路。此电路的基本组成部分包括电源电路、气体传感器电路、模数转换电路、单片机控制电路、液晶显示电路、按键电路和报警电路。

传感器电路由气体传感器将液化气信号转化为模拟电信号。模数转换电路 ADC0832 将液化气检测电路送出的模拟信号转换成数字信号后送入单片机，并对处理后的数据进行分析，是否大于或等于某个预设值（也就是报警限值），如果大于则启动报警电路发出报警声音，反之则为正常状态。按键电路设置报警限值，液晶显示电路显示当前检测的液化气浓度及报警浓度值。



系统组成

液化气检测电路系统主要分为七个部分。

- ① 电源电路：直流稳压源为整个电路提供 5V 的稳定电压。
- ② 传感器电路：采集液化气模拟信号。
- ③ A/D 转换电路：将液化气模拟信号转换成单片机可识别的数字信号。
- ④ 单片机控制电路：处理送入的数字信号。
- ⑤ 液晶显示电路：显示传感器检测到的液化气浓度和报警浓度。

☺ 按键电路：用来设置报警浓度。

☺ 报警电路：当检测浓度大于设定的报警浓度时报警。

整个系统方案的模块框图如图 1-1 所示。

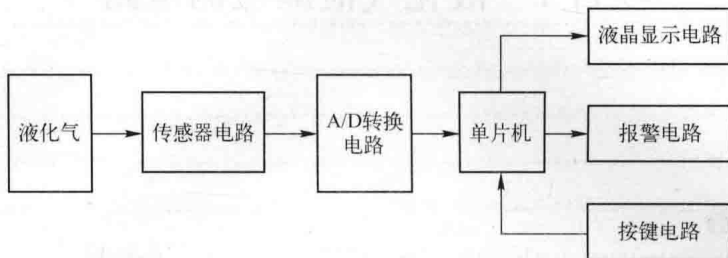


图 1-1 模块框图



模块详解

1. AT89C51 单片机模块

AT89C51 单片机是一款低功耗、低电压、高性能的 CMOS 8 位单片机，片内含 8KB 可编程序 FLASH 存储器，256 × 8 字节内部 RAM，32 个外部双向输入/输出口，可方便地应用在各个控制领域。

本设计的单片机模块包含 12MHz 时钟电路、上电复位电路，以及具有对数码管限流作用的 RP1，模块电路图如图 1-2 所示。

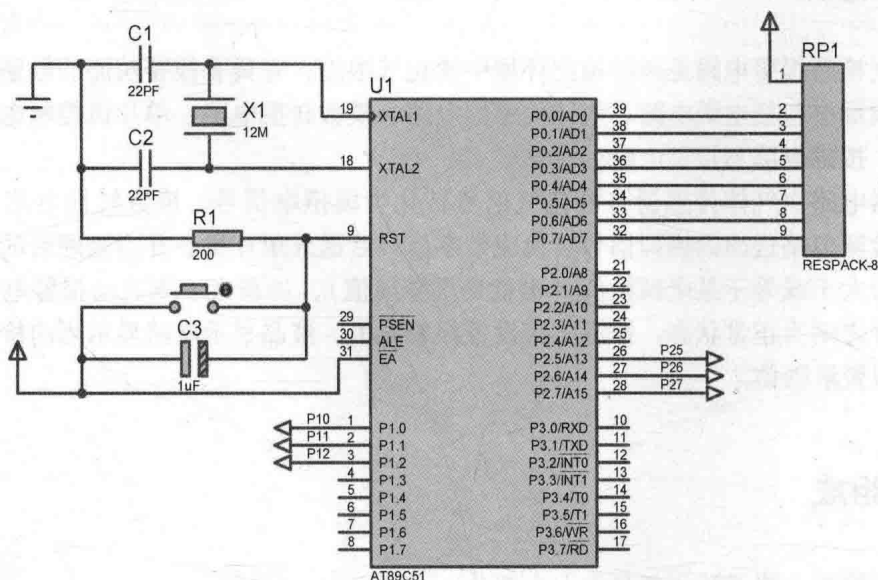


图 1-2 单片机模块电路图

2. 传感器模块

本设计采用的液化气传感器模块主要由 MQ-2 气体传感器构成。MQ-2 型烟雾传感器属于二氧化锡半导体气敏材料，属于表面离子式 N 型半导体。当处于 200 ~ 300℃ 时，二氧化锡吸附空气中的氧，形成氧的负离子吸附，使半导体中的电子密度减小，从而使其

电阻值增加。当与烟雾接触时，如果晶粒间界处的势垒受到该烟雾的调制而变化，就会引起表面电导率的变化。利用这一点就可以获得这种烟雾存在的信息，烟雾浓度越大，电导率越大，输出电阻越低。

- ☺ MQ-2 型传感器对天然气、液化石油气等烟雾有很高的灵敏度，尤其对烷类烟雾更敏感，具有良好的抗干扰性，可准确排除有刺激性非可燃性烟雾的干扰信息。
- ☺ MQ-2 型传感器具有良好的可重复性和长期的稳定性。初始稳定，响应时间短，长时间工作性能好。
- ☺ 其检测可燃气体与烟雾的范围是 100 ~ 10000ppm。



说明

ppm 为体积浓度单位，即

$$\text{☺ } 1\text{ppm} = \frac{1\text{ cm}^3}{1\text{ m}^3}$$

- ☺ 电路设计电压范围宽，24V 以下均可；加热电压 $5 \pm 0.2\text{V}$ 。



注意

加热电压必须在 $5 \pm 0.2\text{V}$ 范围内，否则容易使内部的信号线熔断。

- ☺ 工作电压：5V DC，模拟量输出 0 ~ 5V 电压，浓度越高电压越高。

MQ-2 的技术参数如表 1-1 所示。

表 1-1 MQ-2 的技术参数

产品型号		MQ-2	
产品类型		半导体气敏元件	
标准封装		胶木（黑胶木）	
检测气体		可燃气体、烟雾	
检测浓度		300 ~ 10000ppm（可燃气体）	
标准电路条件	回路电压	V_c	$\leq 15\text{V AC 或 DC}$
	加热电压	V_h	$5.0 \pm 0.2\text{V AC 或 DC}$
	负载电阻	R_L	可调
标准测试条件下气敏元件的特性	加热电阻	R_h	$31 \pm 3\Omega$ （室温）
	加热功耗	P_h	$\leq 900\text{mW}$
	敏感体表面电阻	R_s	$3 \sim 30\text{k}\Omega$ （in 2000ppm 异丁烷）
	灵敏度	S	$R_s(\text{in air})/R_s(1000\text{ppm 丁烷}) \geq 5$
	浓度斜率	α	$\leq 0.6 (R_{3000\text{ppm}}/R_{1000\text{ppm}} \text{C}_3\text{H}_8)$
标准测试条件	温度、湿度	$20 \pm 2^\circ\text{C}$ ； $65\% \pm 5\% \text{RH}$	
	标准测试电路	$V_c: 5.0 \pm 0.1\text{V}$ $V_h: 5.0 \pm 0.1\text{V}$	
	预热时间	不少于 48 小时	

它适用于家庭或工厂的气体泄漏监测装置，适宜于液化气、丁烷、丙烷、甲烷、酒精、氢气等监测装置。在本设计中负责采集液化气模拟信号。由 MQ-2 传感器的工作原理可知，浓度越高，其输出电压越高，在后面的电路仿真中用电位器来代替。

液化气传感器模块实物图如图 1-3 所示。

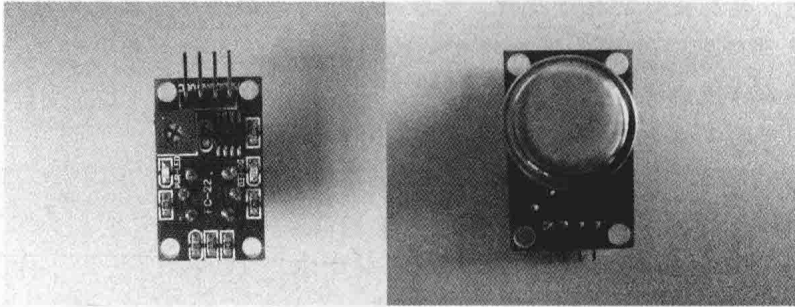


图 1-3 液化气传感器模块实物图

本设计中传感器模块电路图如图 1-4 所示。

3. ADC0832 模数转换模块

ADC0832 是 8 位分辨率、8 位串行 A/D 转换器，其最高分辨可达 256 级，可以适应一般的模拟量转换要求，输入模拟信号电压范围为 0 ~ 5V，通过三线接口与单片机连接。在本设计中负责将液化气模拟信号转换成单片机可识别的数字信号，模块电路图如图 1-5 所示。

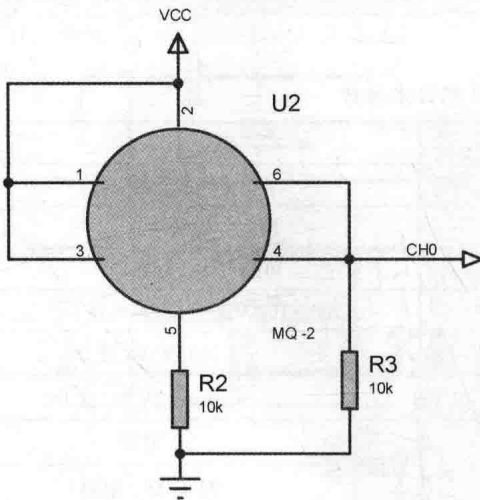


图 1-4 传感器模块电路图

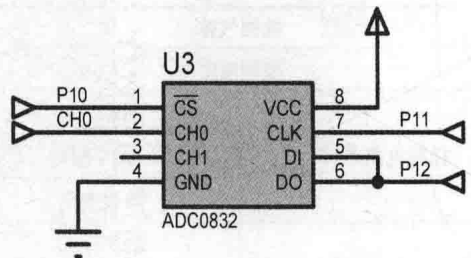


图 1-5 A/D 转换模块电路图

4. LM016L 液晶显示模块

LM016L 可以显示 2 行 16 个字符，具有 8 位数据总线 D0 ~ D7 和 RS、R/W、E 三个控制端口，工作电压为 5V，并且带有字符对比度调节和背光设置。实物图如图 1-6 所示，引脚介绍如下，模块电路图如图 1-7 所示。

☉ 第 1 脚：VSS 为电源地，接 GND。

☉ 第 2 脚：VDD 接 5V 正电源。

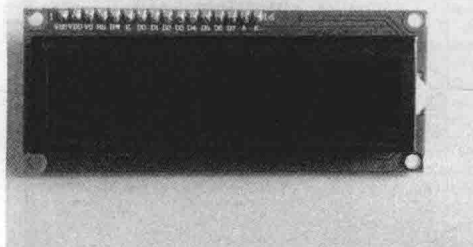


图 1-6 . LM016L 模块实物图

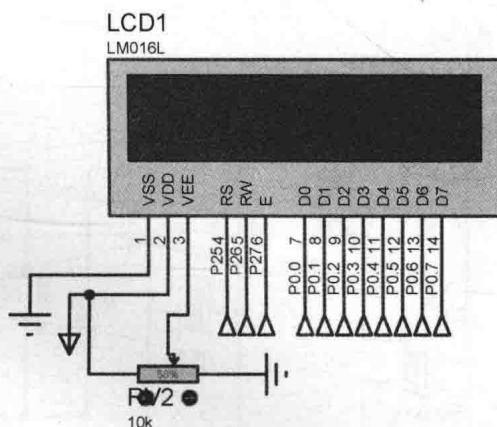


图 1-7 LCD1602 液晶显示模块电路图

- ☉ 第 3 脚：VL 为液晶显示器对比度调整端，接正电源时对比度最弱，接地电源时对比度最高，对比度过高时会产生“鬼影”，使用时可以通过一个 10kΩ 的电位器调整对比度。
- ☉ 第 4 脚：RS 为寄存器选择，高电平时选择数据寄存器，低电平时选择指令寄存器。
- ☉ 第 5 脚：RW 为读写控制信号线，高电平时进行读操作，低电平时进行写操作。当 RS 和 RW 共同为低电平时可以写入指令或者显示地址，当 RS 为低电平 RW 为高电平时可以读忙信号，当 RS 为高电平 RW 为低电平时可以写入数据。
- ☉ 第 6 脚：E 端为使能信号端，当 E 端由高电平跳变成低电平时，液晶模块执行命令。
- ☉ 第 7 ~ 14 脚：D0 ~ D7 为 8 位双向数据线。

5. 报警模块

将蜂鸣器一端连接到地，另一端连接到三极管的集电极，三极管的基极由单片机的 P1.7 引脚来控制，当 P1.7 管脚为低时，三极管导通，这样蜂鸣器的电流形成回路，发出声音。当 P1.7 管脚为高时，三极管截止，蜂鸣器不发出声音。其模块电路图如图 1-8 所示，P1.7 会接收到单片机传输的一个脉冲信号，对报警器模块进行仿真，给 P1.7 一个脉冲信号，脉冲参数如图 1-9 所示，对报警模块进行仿真，仿真图及其报警器两端的脉冲信号图如图 1-10 和图 1-11 所示。

报警器响起，报警器两端幅值高的为 LS(1) 信号端，幅值低的为 R5(1) 信号端，如图 1-11 所示。

6. 按键模块

按键的开关状态通过一定的电路转换为高、低电平状态。按键闭合过程在相应的 I/O 端口形成一个负脉冲。本设计采用的是独立式按键，直接用 I/O 口线构成单个按键电路，每个按键占用一条 I/O 口线，每个按键的工作状态不会产生互相影响。通过调节按键来设置报警浓度的变化，本系统共两个按键：功能加键和功能减键（控制键电路图如图 1-12 所示）。

P3.0 口 (K1) 表示数字“+”键，按一下则对应的浓度值加 1mg/L。

P3.1 口 (K2) 表示数字“-”键，按一下则对应的浓度值减 1mg/L。

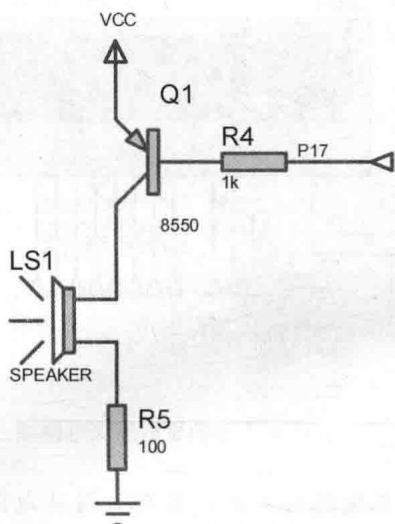


图 1-8 报警模块电路图

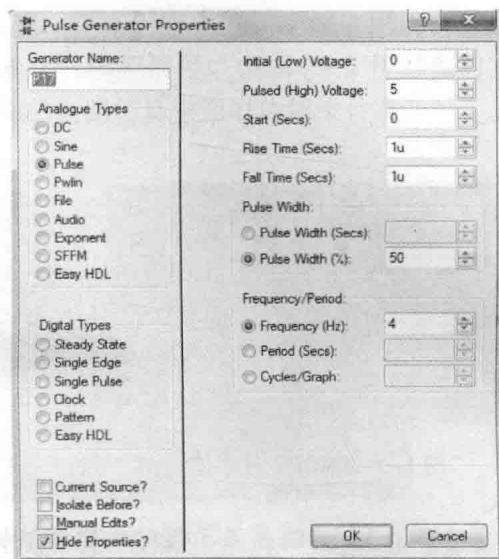


图 1-9 脉冲信号参数

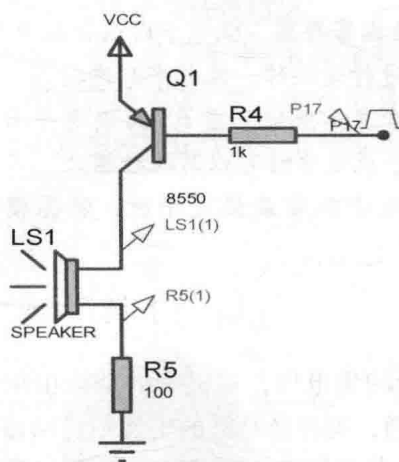


图 1-10 报警器模块仿真图

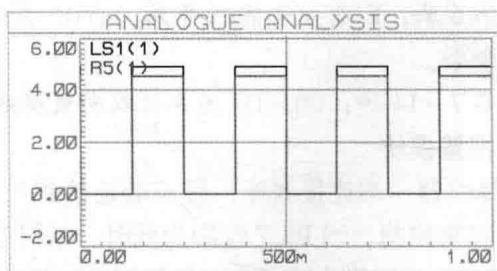


图 1-11 报警器两端信号图

7. 电源模块

本设计使用 5V 直流稳压电源。电源模块电路图如图 1-13 所示。

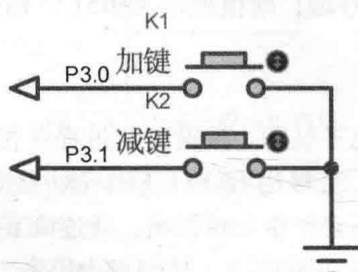


图 1-12 按键模块连接示意图

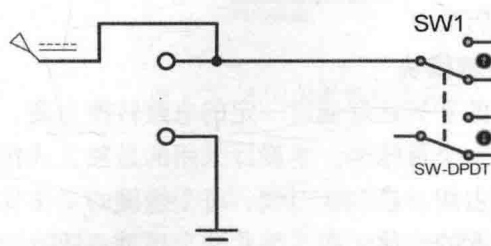


图 1-13 电源模块电路图

整体电路图如图 1-14 所示。

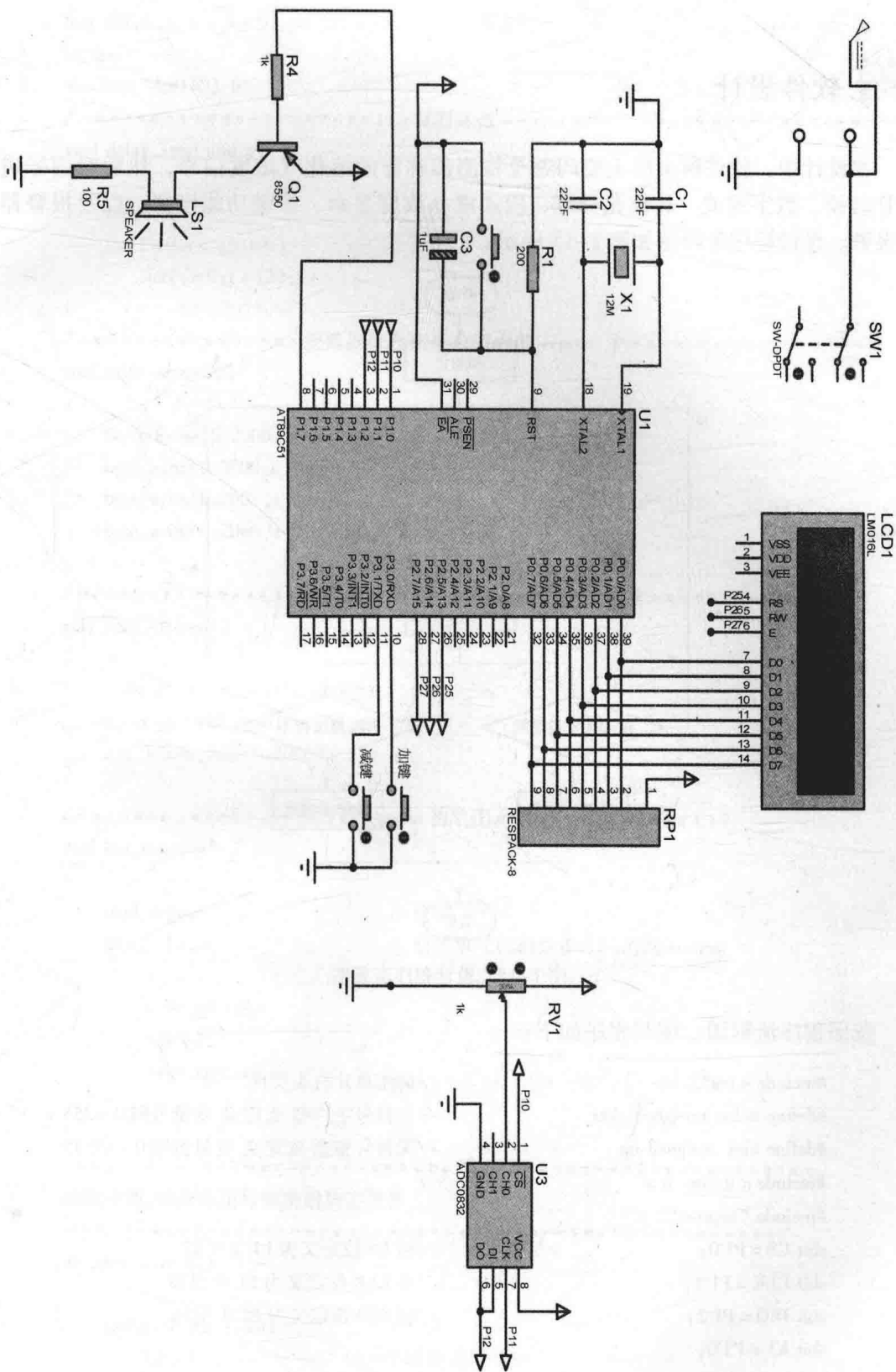


图 1-14 液化气泄漏检测电路原理图